

令和2年度

新潟大学理学部推薦入学試験

物理学プログラム

基礎学力試験問題

注意事項

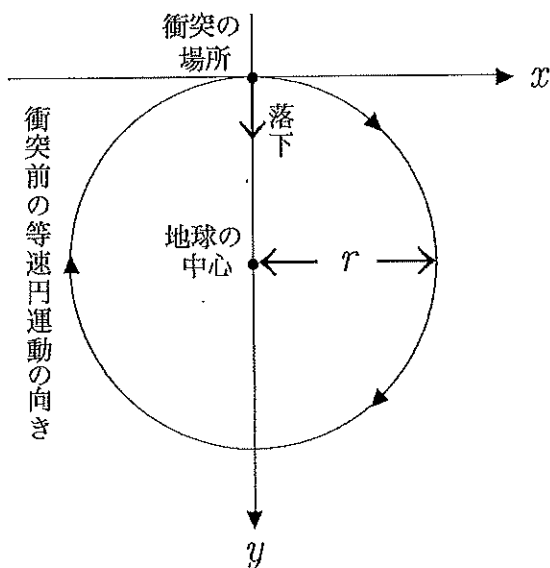
1. 開始の合図があるまでこの冊子を開いてはいけません。
2. 試験開始後、次のものが配布されているか確認してください。
問題冊子1部、解答用紙3枚
3. 問題は全部で3題あります。3題すべて解答してください。
各解答用紙に受験番号を記入してください。
4. 解答時間は、120分です。途中で退席することはできません。
5. 試験終了後、問題冊子は各自持ち帰ってください。
6. 印刷の不鮮明な箇所などがある場合は、申し出てください。
7. 下書きには、問題冊子の余白を使用してください。

I.

地球のまわりで等速円運動をする小物体を考える。この小物体には地球の万有引力以外の力がはたらかないものとし、無限遠における万有引力による位置エネルギーを0とする。万有引力定数を G 、地球の質量を M 、小物体の質量を m 、小物体の等速円運動の半径を r として、問 1. から問 8. について答えよ。ただし、地球は静止しているものとする。

1. 小物体にはたらく力の大きさを書け。
2. 小物体の速さを求めよ。
3. 地球の万有引力が単位時間あたり、小物体にする仕事を求めよ。
4. 小物体の位置エネルギーを書け。
5. 小物体の力学的エネルギーを求めよ。

いま、等速円運動をしているこの小物体に、質量 $2m$ の小さいん石が完全非弾性衝突をした。ただし、衝突の瞬間をのぞいて、小物体といん石には地球の万有引力以外の力がはたらかないものとする。小物体といん石は衝突直後に合体し、図のように地球の中心に向かってまっすぐ落下した。合体した小物体といん石の衝突直後の速さは、小物体の衝突直前の速さの $\frac{1}{3}$ であった。



図

6. 図のように、衝突直前における小物体の運動の向きに x 軸の正の向き、衝突の場所から地球の中心への向きに y 軸の正の向きをそれぞれ選ぶ。衝突直前の小物体の速さを v として、衝突直前のいん石の速度の x 成分と y 成分をそれぞれ、 v を用いて表せ。
7. 衝突直前におけるいん石の速さと力学的エネルギーをそれぞれ、 G 、 M 、 m 、 r のうち必要なものを用いて表せ。
8. 小物体といん石の力学的エネルギーの和を E 、運動エネルギーの和を K 、位置エネルギーの和を U とする。次の文章から正しいものを1つ選び、その記号を答えよ。
 - ア. 衝突の直前と直後で、 E は変化しなかった。
 - イ. 衝突直後に E が0になったため、小物体といん石は一緒に、地球の中心に向かってまっすぐ落下した。
 - ウ. 衝突直後の E は衝突直前とくらべて、 K の減少分だけ減少した。
 - エ. 衝突直後の E は衝突直前とくらべて、 K の増加分だけ増加した。
 - オ. 衝突直後の E は衝突直前とくらべて、 U の減少分だけ減少した。
 - カ. 衝突直後の E は衝突直前とくらべて、 U の増加分だけ増加した。

II.

1. 図1のように、金属板 A, B からなる平行板コンデンサーが直流電源につながれている。金属板 A, B の面積はそれぞれ 1.0 m^2 、また、AB の間隔は 4.0 cm である。電気量が 1.0 C の試験電荷に外力を加え、その試験電荷を金属板 A から B へ静かに動かしたときに、外力のした仕事をグラフに表すと図2のようになった。金属板の端における電場 (電界) の乱れや、試験電荷による電荷分布の乱れはないとし、以下の問いに答えよ。

- 金属板間の電位差を求めよ。
- 金属板間の電場の強さを求めよ。
- 金属板間の誘電率が $9.0 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ のとき、金属板 A に蓄えられている電気量を求めよ。
- 直流電源との接続を切った後に、金属板間の間隔を 2.0 cm に変更した。このとき、金属板間の電場の強さを求めよ。ただし、金属板間の誘電率は問 c. のままであるとする。

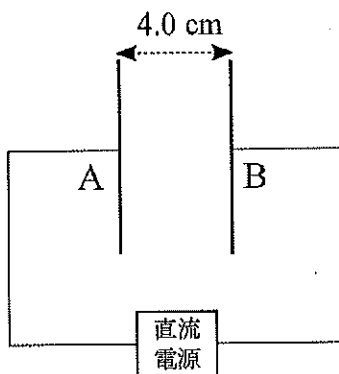


図1

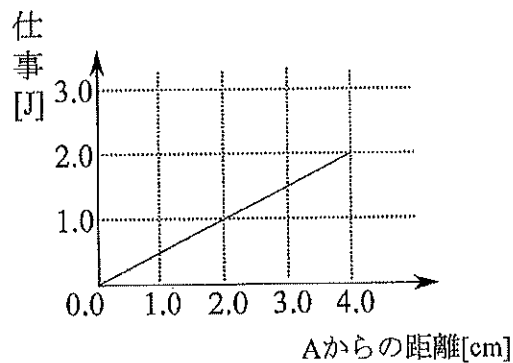


図2

2. 図3のように、無限に長い直線状の導線 A と中心を O とする半径 r の円状の導線 B が同一平面上にある。導線 A と中心 O の距離は $3r$ である。導線 B に定常電流が流れている状態で、導線 A にも図3の向きに定常電流 I を流したところ、中心 O で観測される磁場 (磁界) が 0 になった。以下の問いに答えよ。

- 導線 A の電流が中心 O につくる磁場の強さを求めよ。
- 導線 B を流れる電流の大きさと向きを求めよ。
- 導線 B を導線 A の反対側 (紙面に向かって左側)、導線 A と中心 O の距離が $3r$ のところに平行移動し、静止させた。移動後に中心 O で観測される磁場の強さと向きを求めよ。

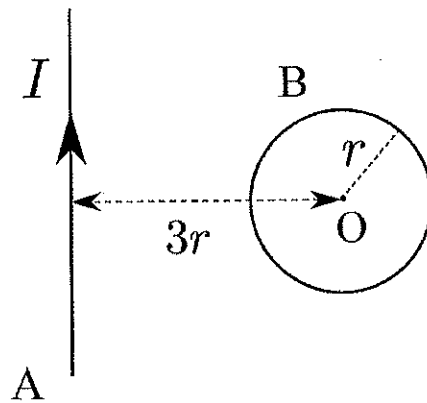


図3

III.

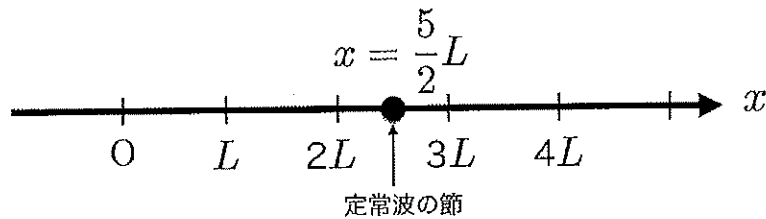
1. 理想気体が圧力 P_0 , 温度 T_0 , 体積 V_0 の始状態 A から圧力 P の終状態 B へ, 物質量を一定に保ちながら等温変化した。以下の問いに答えよ。
 - a. 気体定数を R とし, この理想気体の物質量を求めよ。
 - b. この理想気体の終状態 B での体積を求めよ。
 - c. この等温変化において, 理想気体の内部エネルギーの変化を求めよ。
 - d. この等温変化において, 理想気体が外部にした仕事を W とし, 理想気体に加えた熱量を求めよ。

理想気体が圧力 P_0 , 温度 T_0 , 体積 V_0 の始状態 A から圧力 P' の終状態 C へ, 物質量を一定に保ちながら断熱変化した。理想気体が外部にした仕事を W' とし, 以下の問いに答えよ。

- e. この断熱変化において, 理想気体の内部エネルギーの変化を求めよ。
- f. 終状態 C における温度と体積をそれぞれ求めよ。ただし, 気体定数を R , 定積モル比熱を C_v とする。

2. 図のように O を原点とした x 軸上で、波長 $2L$ 、振幅 A 、周期 T の 2 つの正弦波が互いに反対向きに進んで重なり合い、定常波 (定在波) ができている。 $x = \frac{5}{2}L$ の場所が定常波の節になっているとし、以下の問いに答えよ。

- ある場所において、時刻 t での定常波の変位は $2A$ だった。その場所における、時刻 $t + \frac{T}{2}$ での定常波の変位を求めよ。
- 定常波の腹の場所を $0 \leq x \leq 4L$ の範囲ですべて求めよ。
- 定常波の変位の最大値が A となる場所は $0 \leq x \leq 4L$ の範囲にいくつあるか求めよ。



図